

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 429**

21 Número de solicitud: 201130473

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/36**

(2006.01)

12

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**29.03.2011**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**12.02.2013**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2012/070123**

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES  
CIENTIFICAS (CSIC) (34.0%)**

**Serrano nº 117**

**28006 MADRID ES;**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (33.0%) y  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
(33.0%)**

72 Inventor/es:

**LLABRES FOYO, Juan;**

**VASSAL'LO SANZ, Juan;**

**CARAVANTES TORTAJADA, Jorge;**

**MEDIAVILLA SANCHEZ, Angel y**

**TAZON PUENTE, Antonio**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

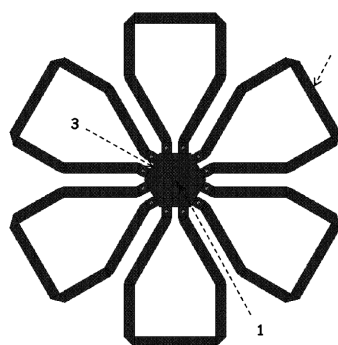
54 Título: **ANTENA MARGARITA PARA EMISION Y RECEPCION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS  
POLARIZADAS LINEAL Y CIRCULARMENTE.**

57 Resumen:

La presente invención es una antena constituida por el agrupamiento coplanar de un número par de hilos radiantes cuyo conjunto adopta una forma parecida a la distribución de pétalos en una flor margarita (ver figura 1).

Los hilos radiantes o pétalos de la antena margarita trabajan en resonancia, tienen geometría plana, todos tienen la misma estructura y están contenidos en un mismo plano, llamado plano de la antena. La única diferencia entre los pétalos está en la distribución relativa de los sentidos de circulación de la corriente, que determina la forma del diagrama de radiación y caracteriza el comportamiento de la antena con el objetivo de permitir al usuario un amplio rango de aplicaciones.

Figura 1



## DESCRIPCIÓN

Antena margarita para emisión y recepción de ondas electromagnéticas polarizadas lineal y circularmente.

## CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al sector de las antenas emisoras y/o receptoras, de señales electromagnéticas, y más precisamente está relacionada con los siguientes sub-sectores de la tecnología de antenas: antenas de banda ancha, dipolos eléctricos y magnéticos, sistemas radiantes de transmisión y recepción, antenas para sistemas de comunicaciones, antenas para receptores de señal de televisión, antenas de bajo coste e impacto visual, antenas para sistemas de observación y vigilancia, y antenas para sistemas inhibidores de frecuencia.

## ESTADO DE LA TÉCNICA

Una antena es un elemento o sistema pensado y fabricado para recibir o emitir ondas electromagnéticas (EM). Desde un punto de vista elemental, la emisión consiste en transformar una diferencia de potencial eléctrico, variable en el tiempo, aplicado a la estructura metálica del sistema en un tren de ondas EM para que se propaguen por el espacio libre de alrededor. Lo contrario es la recepción de ondas EM. Hay diversas formas y apariencias de antenas, la más sencilla y conocida es el dipolo para captar la emisión de televisión terrestre, la más complicada puede ser cualquiera de los extensos paraboloídes empleados en radio astronomía para captar señales debílsimas que llegan de los confines del universo. Los diversos diseños, y por lo tanto sus características técnicas, dependen de la aplicación concreta a la cual se van a reservar. La forma y el concepto que el técnico afronta son determinantes en los resultados operativos de la antena. En términos en exceso básicas, todo reside en comparar las dimensiones geométricas del elemento emisor o receptor y la longitud de onda a emitir o captar. De una parte, la demanda que hacen los mercados de nuevas técnicas tanto para la emisión en el dominio de las ondas de radio como, igualmente, en la TV, como también en el sector de la seguridad, viene demandando desde hace ya tiempo de nuevos diseños, cada vez más complejos, de antenas para cubrir un sin número de aplicaciones nuevas.

Las ideas básicas a desarrollar están presentadas en el libro "Antennas: Theory and Practice", de Schelkunoff S.A. y Friis H.T., publicado por Bell Telephone Laboratories, Inc., LCCCN 52-5083, 1952, y en el artículo "Ultrahigh-frequency loop antenas", de Andrew Alford and Arming G. Kandoian, publicado en AIEE Trans., 59, 1940, pp 843-848. En el primero, están descritos con detalle los modelos de las clásicas antenas de hilo, como los dipolos, simples y doblados (folded dipols), así como también sistemas de antenas que generan un haz omni-direccional en un plano, con el campo eléctrico polarizado en dicho plano. En el segundo merece citarse las referencias a los "Alford loops" o círculos de Alford, como primer ejemplo de sistemas complejos. Un manual con descripciones más generales sobre antenas de hilo y agrupamientos en general, sería el libro de Stutzman W.L. y Thiele G.A. "Antenna Theory and Design", publicado por John Wiley & Sons, ISBN 0-471-0448-X, 1981.

En el diseño de estos elementos o dispositivos, el parámetro a tener en cuenta es el diagrama de radiación, esto es, la representación en una gráfica, en función de la dirección, de la intensidad del campo EM. Otros parámetros a tener en consideración son: el ancho de banda, que es el rango de frecuencia en el cual se cumplen determinadas características sobre la directividad o la ganancia. Igualmente, son a considerar la anchura del haz de radiación y la polarización de la señal emitida o captada (P.H. Smith, "Cloverleaf Antenna for F.M. broadcasting", IRE Proc. 35, december 1947, 1556-1563, aunque esta última está ilustrada y explicada en el libro de Schelkunoff, en la página 504 y siguientes). En esta referencia, se presenta una antena plana formada por 4 espiras que generan un haz omni-direccional con el campo eléctrico linealmente polarizado en el plano de la antena, pensada expresamente para una aplicación específica que era novedosa por las ventajas que ofrecía a finales de los años 40. En dicho artículo se menciona que la "Cloverleaf Antenna" (Antena Trébol) puede resolver de una manera rápida y natural la influencia perversa del medio ambiental, en especial la nieve y las heladas.

En el libro de FH. Jasik, "Antenna Engineering Handbook", Mc Graw Hill, 1ª edición de 1961 (y no en las posteriores), se habla del "Tripolo Radiador" formado por un array plano de 3 dipolos que también presenta un haz omni-direccional similar al de la "Cloverleaf Antenna". En la comunicación de J. Vassal'lo, "Radiador de bajo perfil con polarización horizontal sobre el horizonte", presentada en el X Symposium Nacional URSI 95, Valladolid 1995, pp 743-746, se presenta el mismo radiador de 3 dipolos en circular realizados por técnicas de fotograbado.

En estas referencias se mencionan por tanto, diferentes tecnologías sobre agrupamientos circulares de 3 dipolos eléctricos, así como también de 4 espiras para conseguir un mismo objetivo: un diagrama omni-direccional con el campo eléctrico linealmente polarizado y contenido en el plano de la antena. En ninguna de esas referencias se cita nada sobre que otra distribución plana de corrientes podría generar otro tipo de diagramas, tanto en el caso de los dipolos como en el de las espiras.

Las aplicaciones, cada vez más exclusivas a demanda de los mercados técnicos, han hecho pasar de la antena más simple, como el dipolo o la espira, a otras más complejas. En el artículo "Satellite communication with moving vehicles on Herat: two prototype circular array antenas", publicado en la revista Microwaves and Optical Technology Letters, vol 39, n1, pp14 - 16, 5 october 2003, los autores F. Ares, G. Franceschetti, J. Mosig, S.Vaccaro, J. Vassal'lo and E. Moreno, presentan un agrupamiento plano y circular de 8 radiadores microstrip que genera un haz

cónico en polarización circular para su uso en comunicaciones entre móviles vía satélite. Este agrupamiento proporciona la posibilidad de apuntamiento para elevaciones entre 35° y 55° sobre el plano de la antena.

En este caso, además de que la polarización debe ser circular, el diagrama de radiación requerido necesita que su carácter omni-direccional esté definido según la traza definida por la generatriz de un cono, de forma que para un móvil, situado en una posición de latitud determinada sobre la superficie terrestre, se pueda asegurar la conexión con un satélite geoestacionario independientemente de la orientación que tenga el móvil. Para esos 35° y 55° de elevación mencionados, se aseguraría de esa forma la conexión para un móvil que se desplace en la zona sur y central de Europa.

El diagrama en polarización circular se obtiene como resultado de la suma de los diagramas en polarización circular de cada uno de los 8 radiadores microstrip. Es decir, que los propios radiadores microstrip, de forma individual, trabajan en polarización circular. Amplia información sobre radiadores microstrip y agrupamientos de este tipo de radiadores puede encontrarse en los libros: "Microstrip Antennas" de I. Bahl y P. Bhartia, publicado por Artech House en 1980, y "Microstrip Antenna Design Handbook", de R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl y A. Ittipiboon, publicado por Artech House en 2001, ISBN 0-89006-513-6.

La polarización circular se puede obtener a partir de elementos radiantes que trabajan en polarización lineal, mediante lo que llama "rotación secuencial". Esto consiste en distribuir los elementos de forma secuencial (cada 360°/n para n elementos), sobre una circunferencia, girados y desfasados esa misma cantidad, tal como se puede ver en "3. Improvement of the co-cross polarisation ratio" de J. Barbero y J. Vassallo, en el capítulo sobre la "Contribution from Spain" del "Final Report of the COST 223 – Antennas in the 1990s, Active Array Antennas Future Satellite and Terrestrial Communications", editado por la European Commission, Directorate General XIII: Telecommunications, Information Market and Exploitation of Research, Brussels, 1995. Esta técnica para generar polarización circular es suficientemente conocida y válida, pero solo es aplicable cuando la dirección de apuntamiento coincide con el cenit de la antena, es decir, que es perpendicular al plano definido por el agrupamiento circular. En ningún caso se menciona la posibilidad de obtener un haz cónico en polarización circular, a partir de una rotación secuencial de elementos radiantes en polarización lineal.

Diagramas no omni-direccionales en un plano sino con un máximo de radiación en una dirección determinadas, pueden obtenerse también con antenas de hilos, como es el caso de la antena definida por Podger en su patente US 6,255,998 B1. En esta patente se define un elemento radiante denominado como "Lemniscate Antenna Element" (Elemento de Antena Lemniscata) que proporciona un máximo de radiación con polarización lineal, según la dirección perpendicular al plano que contiene a la antena.

Esta antena lemniscata de Podger viene a tener una configuración parecida a la "Cloverleaf Antenna" de Smith, pero con solo 2 espiras (la de Smith tiene 4 espiras), y con la diferencia esencial de que la corriente en las espiras de la lemniscata circula en sentido contrario, mientras que las cuatro espiras de la antena de Smith, tienen el mismo sentido de giro de la corriente. Por otra parte, en la patente de Podger así como tampoco en otra posterior del mismo inventor (US 6,469,674), no se menciona en ningún caso la posibilidad de agrupar circularmente varias antenas lemniscatas, todas con el mismo centro o punto de alimentación, para mejorar alguna de las características del conjunto.

Como se desprende de la descripción de antena lemniscata presentada por Podger en las patentes US 6,255,998 y US 6,469,674, puede considerarse como el caso particular de una de las antenas margaritas objeto de invención en el presente documento. En particular sería el caso de la margarita de dos únicos pétalos, ya que en la invención de la antena margarita del presente documento, el número de pétalos solo presenta la restricción de ser par (pueden ser 2, 4, 6...), y los pétalos pueden tener diferentes geometrías planas (no solo la denominada como "curva lemniscata"), pudiendo también no ser espiras, sino que puede usarse como pétalos otro tipo de elemento radiante, como el clásico dipolo, los radiadores microstrip, o incluso las guías de onda abiertas o acabadas en bocina para aumentar su directividad. Tampoco en ninguna de las dos patentes de Podger mencionadas, se dice que se puede obtener polarización circular con dos antenas lemniscatas, colocadas una a 90° de la otra, en el mismo plano, y con las espiras alejadas  $\lambda/4$  del centro de la pareja de antenas, las de una lemniscata respecto a las espiras de la otra antena lemniscata.

#### DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCION.

La presente invención es una antena constituida por el agrupamiento coplanar de hilos radiantes cuyo conjunto adopta una forma parecida a la distribución de pétalos en una margarita (ver figura 1).

Los hilos radiantes o **pétalos** de la antena margarita trabajan en resonancia, tienen geometría plana, todos tienen la misma estructura y están contenidos en un mismo plano, llamado **plano de la antena**. La única diferencia entre los pétalos está en la distribución relativa de los sentidos de circulación de la corriente, que determina la forma del diagrama de radiación y que es esencial en la caracterización del comportamiento operativo de la antena.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

La antena motivo de esta patente de invención y que denominamos “margarita” por simplificación, está constituida por el agrupamiento coplanar de hilos radiantes trabajando en resonancia, adoptando una forma parecida a una flor (ver figuras 1 y 2), y con una especial distribución de corrientes por los hilos radiantes que determina y caracteriza plenamente el comportamiento de la antena.

Los hilos radiantes o **pétalos de la antena**, que en su configuración más general toman la forma del contorno de los pétalos de la flor, además de trabajar en resonancia, tienen geometría plana, están contenidos en un mismo plano, llamado **plano de la antena**, y se colocan a igual distancia del centro de la antena, donde se encuentra la alimentación de la antena y el circuito que distribuye la señal a los pétalos.

La banda de frecuencia de funcionamiento de la antena margarita se sitúa en el rango de las microondas y ondas milimétricas.

Los hilos radiantes pueden estar constituidos por hilos o tubos conductores, o también fabricarse mediante técnicas de fotograbado, quedando constituidos por cintas fotograbadas sobre sustrato dieléctrico.

**Configuración en capas de la antena margarita**

Además del circuito de alimentación de la antena (1), los elementos que componen la antena y que pueden verse en las figuras 1 a 6, son: los pétalos o hilos radiantes (2), y el circuito de distribución (3), formado por la adaptación o balun, el divisor, y en su caso las líneas transmisoras para llevar la señal desde el divisor hasta los pétalos, cuando éstos se sitúan lejos del centro de la antena. Estos elementos, junto con los pétalos de la antena, se distribuyen en 3 capas planas y paralelas entre si, tal como se indica en la figura 3.

Esta distribución en capas facilita el diseño de la antena y optimiza la simetría de la antena, para obtener las características de emisión buscadas. La figura 3 muestra la distribución en capas, vista según una sección transversal al plano de la antena. Los pétalos (2) se sitúan en la capa intermedia, mientras que las metalizaciones propias del circuito de distribución de la señal se sitúan en las capas superior e inferior.

La alimentación de la antena (1) conectada al centro de la antena, es perpendicular al plano definido por la antena, y se realiza por línea coaxial, de forma similar a como si fuera el tallo que sustenta a una flor margarita. Las metalizaciones propias del cable coaxial de alimentación, se conectan eléctricamente a las metalizaciones del circuito de distribución (capas superior e inferior de la antena).

**Circuito de distribución**

Es uno de los elementos esenciales del dispositivo emisor o receptor, pues como se verá en la descripción del funcionamiento de la antena, define los sentidos de circulación de la corriente en los pétalos. En la zona central de la antena se sitúa el circuito de distribución de la señal, (3) en las figuras 1 y 2, que está compuesto de:

- un circuito de adaptación,
- un divisor que reparte la señal a cada uno de los pétalos,
- y líneas bi-filares (ver (4) en la figura 4), que se utilizan para llevar la señal del divisor a cada uno de los pétalos. Estas líneas son necesarios cuando el número de pétalos de la antena es alto, o la geometría de los pétalos así lo requiere por su tamaño o configuración.

La figura 4 muestra una antena margarita con el mismo número de pétalos que la antena mostrada en la figura 1, pero situados más lejos del centro. Eso implica la existencia de líneas bi-filares de transmisión para llevar la señal del divisor a cada pétalo (3). En el caso de la figura 4, hay por tanto tantas líneas de transmisión como pétalos, y todas esas líneas son exactamente iguales en sección transversal y longitud, para que no introduzcan diferencias en la respuesta radiada por cada pétalo, derivadas de proporcionar diferente amplitud o fase.

Las líneas bi-filares son parte integrante del circuito de distribución, junto con el divisor y el circuito de adaptación o balun.

El circuito de adaptación puede ajustarse mediante diseño, variando la capacidad entre las metalizaciones de las capas superior e inferior, es decir: variando su superficie y/o la separación entre capas, así como también utilizando separadores de diferente constante dieléctrica entre ellas.

**Pétalos**

Los pétalos son elementos radiantes individuales, que trabajan en resonancia y vienen caracterizados porque su estructura está basada en hilos o cintas conductoras para producir una determinada distribución de corrientes de la que depende la radiación que producen.

La estructura más simple es la del dipolo eléctrico, pero puede también adoptar otras formas, como por ejemplo:

- espiras con geometría circular, elíptica o poligonal, tanto regular como irregular, siendo también válida cualquier forma geométrica que fuera el resultado de una mezcla de las mencionadas, siempre que la

longitud total de la espira sea un múltiplo de la longitud de onda, para que cumpla la condición de que trabaje en resonancia.

- cualquier forma geométrica dada por una función matemática definida en un plano, y cuya longitud sea un múltiplo de la longitud de onda, para que cumpla la condición de que trabaje en resonancia.

Los pétalos pueden tomar diferentes formas de curvas geométricas, que convertidas en hilos o cintas conductoras puedan canalizar la corriente eléctrica. Deben además trabajar en resonancia, por lo que su longitud debe ser un múltiplo de la longitud de onda.

Es por tanto válido, también, usar como pétalos de la antena margarita los dobles dipolos eléctricos (también llamados folded dipolos), o incluso el clásico dipolo eléctrico, ya que también son antenas de hilos conductores en los que su diagrama de radiación está caracterizado por la distribución de corrientes en el elemento radiante, presentando por tanto la particularidad de que invirtiendo el sentido de la corriente que circula por ellos, se consigue un desfase de 180° en la fase de la señal radiada.

La figura 5 muestra, para su comparación, tres antenas margaritas de dos pétalos con diferente forma geométrica cada una: pétalos similares a los de la antena de la figura 2, folded dipolos, y los clásicos dipolos eléctricos.

La figura 6 muestra una antena margarita de 6 pétalos, usando dipolos eléctricos como pétalos.

Los hilos radiantes que dan forma a los pétalos de la antena margarita, pueden estar constituidos por hilos o tubos conductores, o también fabricarse mediante técnicas de fotograbado, quedando constituidos por cintas fotograbadas sobre sustrato dieléctrico.

#### Óvalos de Cassini

Los pétalos son elementos radiantes que se caracterizan por su distribución de corrientes. Tal como se ha descrito líneas arriba, un pétalo puede ser, por ejemplo, un hilo conductor con forma de espira y una espira en su sentido más amplio es lo que se llama en términos matemáticos una curva de Jordan, es decir, cualquier curva cerrada en el plano que no se corte a sí misma.

Ejemplos de curvas de Jordan surgen de los denominados óvalos de Cassini. Estos se definen como el lugar geométrico del plano que cumple que el producto de las distancias a dos puntos fijos (los focos de la curva), es una constante. Estas curvas vienen definidas por la expresión en coordenadas cartesianas:

$$(x^2 + y^2)^2 - 2a^2(x^2 - y^2) + a^4 = b^4$$

donde,  $a = b \cdot k$

La figura 7 muestra los óvalos de Cassini para los valores más representativos de k:  $k = 1$ , y  $k > 1$ . El óvalo de Cassini generado con  $k = 1$ , es el más conocido y recibe también el nombre de curva lemniscata.

Los óvalos de Cassini son realmente parejas de curvas (cuando  $k > 1$ ), simétricas respecto al centro de coordenadas, por lo que son válidos para antenas margaritas de número par de pétalos, pero evidentemente, pueden usarse también como elementos aislados para el caso de antenas margaritas con número impar de pétalos.

La figura 8 muestra una margarita de 6 pétalos generados por óvalos de Cassini, utilizando  $k = 1.1$ .

Los óvalos pueden conectarse directamente al divisor, o a través de líneas de alimentación para unirlos eléctricamente al divisor, y alejarlos así del centro geométrico de la antena margarita, de forma similar al caso que muestra la figura 4.

#### Expresiones analíticas parametrizables de los pétalos

Con el fin de automatizar el proceso de diseño de la antena margarita, es útil disponer de expresiones analíticas que permitan determinar explícitamente la geometría de los pétalos, a partir de parámetros de propios del diseño. Además del diseño de la antena, se facilita también la utilización de medios informáticos para otros y diferentes propósitos, tales como el análisis electromagnético de la antena, la elaboración de planos de fabricación, o incluso su uso en los procesos de fabricación y montaje.

Matemáticamente es conocido que son pocas las geometrías que pueden expresarse analíticamente de forma explícita, respecto a los siguientes parámetros de diseño:

- la longitud de la curva (L)
- el ángulo de apertura central del pétalo ( $2\alpha$ )

Los óvalos de Cassini no admiten expresión analítica respecto a ellos, pero no obstante, se puede definir alguna familia de curvas parametrizable analíticamente con vistas a la automatización de procesos. Una de esas familias es la dada por las siguientes expresiones:

$$X(t, m, L) := \frac{-3}{16} \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \left[ t^2 \cdot \left( 10m - 5 \cdot \sqrt{m^2 + 1} \right) + 2 \cdot m - 3 \cdot \sqrt{m^2 + 1} \right] \cdot L \quad [1]$$

$$Y(t, m, L) := \frac{-3}{8} \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \left[ m \cdot \sqrt{m^2 + 1} + m^2 - 1 \right] + 5 \cdot m^2 + 1 - 5 \cdot m \cdot \sqrt{m^2 + 1} \cdot L$$

y donde  $t$  es un número perteneciente al intervalo  $(-1, 1)$

Las expresiones [1] dan de forma explícita las coordenadas de los pétalos, en función de los parámetros básicos de diseño mencionados antes:

- la longitud del pétalo ( $L$ ), que al ser los pétalos resonantes, debe ser un múltiplo de la longitud de onda a la frecuencia central de la banda de funcionamiento de la antena
- el semi-ángulo ( $\alpha$ ) de abertura del pétalo, visto desde su vértice

La ventaja de las expresiones [1], es que son compatibles con cualquier sistema informático de cálculo numérico, y por tanto son integrables en los procesos de análisis, diseño, dibujo o fabricación de antenas.

Por otra parte, esta misma geometría admite una forma de expresión más sencilla para el caso de  $\alpha = \pi/6$

$$\begin{aligned} X(t, L, \theta) &:= \left[ \frac{-\sqrt{3}}{4} \cdot L \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \cos(\theta) \right] - \left[ \frac{-1}{4} \cdot L \cdot t \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \sin(\theta) \right] \\ Y(t, L, \theta) &:= \left[ \frac{-\sqrt{3}}{4} \cdot L \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \sin(\theta) \right] + \left[ \frac{-1}{4} \cdot L \cdot t \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \cos(\theta) \right] \end{aligned} \quad [2]$$

donde  $\theta$  es el ángulo que forma el eje de simetría de cada pétalo con el eje de abscisas.

La figura 9 muestra la forma de típica del pétalo para  $\alpha = \pi/6$  y  $\theta = 0^\circ$ .

Por estar esta geometría particularizada para el caso  $\alpha = \pi/6$ , admite la representación clásica de la margarita de 6 pétalos que muestra la figura 10.

Dado que en la zona central de la antena se sitúa el circuito de distribución, es necesario desplazar los pétalos radialmente y hacia el exterior una distancia  $D$  del centro de la antena, por lo que la geometría de los pétalos viene dada por las expresiones:

$$\begin{aligned} X(t, L, \theta, D) &:= \left[ \left[ \frac{-\sqrt{3}}{4} \cdot L \cdot \left( t^2 - 1 \right) + D \right] \cdot \cos(\theta) \right] - \left[ \frac{-1}{4} \cdot L \cdot t \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \sin(\theta) \right] \\ Y(t, L, \theta, D) &:= \left[ \left[ \frac{-\sqrt{3}}{4} \cdot L \cdot \left( t^2 - 1 \right) + D \right] \cdot \sin(\theta) \right] + \left[ \frac{-1}{4} \cdot L \cdot t \cdot \left( t^2 - 1 \right) \cdot \cos(\theta) \right] \end{aligned} \quad [3]$$

La figura 11 muestra la definición de los parámetros usados en esta nueva geometría del pétalo, que se encuentra desplazado del centro de la margarita una distancia  $D$ .

Puede incluso obtenerse una curva más sencilla, basada en 2 rectas y un tramo de circunferencia, que es una aproximación a la dada por las expresiones [3]. Esta nueva geometría del pétalo se basa en el uso de la circunferencia que pasa por tres puntos: el extremo exterior y los puntos de máximo y mínimo de la curva dada por las expresiones [3], y trazar a continuación las tangentes a dicha circunferencia desde el vértice del pétalo, situado en el centro de coordenadas. La figura 12, muestra la geometría de esta nueva curva aproximada al pétalo de las expresiones [3], y cuyo eje de simetría es el eje de abscisas.

La circunferencia tiene un radio de valor:  $\frac{13 \cdot L}{\sqrt{15552}}$

Y su centro está situado en el punto de abscisa:  $\frac{41 \cdot \sqrt{3}}{216} \cdot L$

Las rectas tangentes pasan por el centro de coordenadas, y tienen una pendiente de:  $\pm \frac{13 \cdot \sqrt{42}}{252}$

Como es lógico, la pendiente de las tangentes, es independiente de la longitud del pétalo (valor relacionado con su frecuencia de funcionamiento), y solo depende del ángulo de abertura central del pétalo ( $2\alpha$ ), que en este caso está fijado en  $\pi/3$ .

## 5 Conexiones entre capas y sentido de la corriente en los pétalos

Las conexiones entre las metalizaciones de las capas superior o inferior y los pétalos, se realizan mediante vías de corto-circuito entre capas. De esta forma se ponen en contacto los extremos de los pétalos con el circuito de distribución de la señal, un extremo del pétalo se conecta a la capa superior y el otro a la inferior. Dependiendo de cual de los extremos se conecta a una capa o a otra, así será el sentido de la corriente que circula por el pétalo.

Tal como se dice en la definición de la antena margarita, el sentido relativo de las corrientes que circulan por los pétalos, caracteriza el funcionamiento de la antena, y para obtener un máximo del diagrama de radiación en polarización lineal, en la dirección perpendicular al plano de la antena, basta que:

- la antena esté formada por un número par de pétalos
- se defina en el plano de la antena, una recta de simetría para las corrientes de los pétalos, que debe ser paralela a la dirección del campo eléctrico de la polarización lineal buscada
- la distribución de las corrientes en los pétalos de la antena se realice de forma que todos los pétalos que se sitúan a un mismo lado de la recta de simetría, tengan el mismo sentido de circulación de la corriente, y que lógicamente, dicho sentido sea contrario al de la corriente de los que se sitúan en el otro lado de la recta de simetría.

La figura 13 muestra la vista superior de las metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena de 6 pétalos de la figura 1. Dichas metalizaciones conforman el circuito de distribución (adaptación y divisor). La figura 14 muestra la distribución de corrientes en los pétalos de dicha antena.

La figura 15 muestra la vista superior de las metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena de 6 pétalos de la figura 4. Dichas metalizaciones conforman el circuito de distribución (adaptación, divisor y líneas bi-filares de transmisión). La figura 16 muestra la distribución de corrientes en los pétalos de dicha antena, distribución de corrientes que es idéntica a la que muestra la figura 14.

La figura 17 muestra la vista superior de las metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena de 6 pétalos, cuyos pétalos son simples dipolos eléctricos. Comparando esta figura con la figura 15, puede verse la diferente longitud de las líneas de alimentación derivada del diferente tamaño de los pétalos. Obviamente, el ancho de línea depende del valor de la impedancia del pétalo.

La figura 18 muestra la distribución de corrientes en los dipolos o pétalos de la antena, y como puede observarse dicha distribución de corrientes es idéntica a la que muestran las figuras 14 y 16 para las otras antenas de 6 pétalos.

La figura 19 muestra la vista superior de las metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena de 2 pétalos, cuyos pétalos son dipolos eléctricos. La figura 20 muestra la distribución de corrientes en los pétalos de dicha antena. Comparando las figuras 18 y 20, puede verse que esta antena de 2 pétalos coincide con los pétalos centrales de la margarita de 6 pétalos.

## 45 Antena margarita para obtener un máximo de radiación en polarización circular, en la dirección perpendicular al plano de la antena

La polarización circular se obtiene intercalando dos antenas margaritas iguales, giradas entre sí  $90^\circ$ , para generar las polarizaciones lineales ortogonales, y añadiendo a una de las antenas la longitud de un cuarto de la longitud de onda guiada en las líneas bi-filares de alimentación, para introducir el desfase de  $90^\circ$  requerido entre polarizaciones.

Así pues, para obtener un máximo del diagrama de radiación en polarización circular, en la dirección perpendicular al plano de la antena, basta que la antena esté formada por dos antenas margaritas iguales, coplanares y con el mismo punto de alimentación, superpuestas en el mismo plano, con las siguientes particularidades:

- las rectas de simetría que determinan la distribución de corrientes de cada antena, deben ser ortogonales para que la polarización del campo radiado por cada antena también lo sea.
- la alimentación de la antena es única para las dos antenas margarita, así como la adaptación y el divisor. Si las antenas margarita tienen 2 pétalos cada una el divisor debe ser 1:4; si las tienen 6 pétalos, el divisor debe ser 1:12.
- las líneas bi-filares del circuito de distribución de la señal a los pétalos deben diferir en un cuarto de longitud de onda, para proporcionar el desfase de  $90^\circ$  necesario para generar la polarización circular. Eso significa que los pétalos de una de las margaritas se distribuyen en el interior de la distribución de pétalos de la otra margarita.

Dado que cada una de las antenas margaritas que generan las polarizaciones lineales debe tener un número par de pétalos (2, 4, 6... n pétalos), las antenas margaritas que generan polarización circular deben ser de 4, 8, 12...  $4n$  pétalos.

El caso más sencillo es el de la antena de cuatro pétalos, que sería el agrupamiento de 2 margaritas de 2 pétalos cada una). La figura 21 muestra el circuito de distribución, separado en las capas 2 y 3 según el despiece mostrado en la figura 3. Puede verse en dicha figura, la diferente longitud de las líneas bi-filares de alimentación a cada una de las margaritas de 2 pétalos que componen esta antena.

La figura 22 muestra la distribución de pétalos en la capa 2 de la margarita con 4 pétalos (dipolos eléctricos), que genera polarización circular. En dicha figura, junto con la distribución de corrientes, pueden verse también las rectas de simetría correspondientes a cada pareja de pétalos, o lo que es lo mismo, a cada polarización: 5A para los pétalos 2A, y 5B para los pétalos 2B.

La figura 23 muestra la vista en conjunto de las 3 capas superpuestas que dan forma a la antena margarita de 4 pétalos, cuyos pétalos son dipolos eléctricos.

La figura 24 muestra el circuito de distribución en las capas 2 y 3 de una margarita de 12 pétalos que genera polarización circular. Sería por tanto una antena que es la suma de dos antenas margaritas de 6 pétalos, con los pétalos de ambas imbricados. En esta figura pueden apreciarse que la mitad (6) de las líneas de alimentación difieren en longitud de las de la otra mitad, en un cuarto de longitud de onda guiada, y que las líneas de una de las antenas margaritas de 6 pétalos están intercaladas entre las de la otra. Esto hace que una de ellas quede contenida dentro de la otra, con el mismo punto o cable de alimentación, e incluso usando el mismo divisor, y así ambas antenas tienen el mismo centro de fase del campo radiado.

La figura 25 muestra la distribución de pétalos en la capa intermedia, mostrando también la distribución de corrientes. Esta figura pone en evidencia cual es el conjunto de 6 pétalos que genera cada una de las dos polarizaciones lineales ortogonales necesarias para la polarización circular.

La figura 26 la vista en conjunto de las 3 capas de la antena margarita de 12 pétalos que genera polarización circular.

Tal como se ha dicho, para tener polarización circular en la dirección perpendicular al plano de la antena, la antena margarita es a su vez la suma de 2 sub-antenas margaritas, por lo que debe tener  $4n$  pétalos. Al ver los casos de 4 y 12 pétalos, podría pensarse que es sumar la misma antena (de 2 ó 6 pétalos), pero girada  $90^\circ$ . Eso es válido en los casos que la antena no tiene pétalo a  $90^\circ$ , aunque más correctamente sería decir que es una de las posibilidades, ya que en el caso de 12 pétalos (2 antenas de 6), la polarización circular podría obtenerse girando  $30^\circ$ ,  $90^\circ$  ó  $150^\circ$ , y desfasando  $30^\circ$ ,  $90^\circ$  ó  $150^\circ$  respectivamente, obteniendo obviamente, polarización cruzada en otras direcciones con diferente nivel de señal.

Por esa razón, es posible obtener polarización circular con una antena de 8 pétalos (sumando 2 antenas de 4 pétalos), aunque no pueda resultar de un giro de  $90^\circ$ , sino de  $45^\circ$  ó  $135^\circ$ , por lo que el circuito de distribución debe introducir en este caso un desfase de  $45^\circ$  ó  $135^\circ$  respectivamente.

#### **Ventajas de la antena margarita**

La ventaja de este nuevo concepto de antena reside en su capacidad de adaptarse a diferentes tipos de aplicación, siendo especialmente útil en:

- los sistemas de recepción de señales en banda ancha y media ganancia, como es el caso de las señales de difusión terrestre de televisión, analógica o digital, en ámbito urbano, en los que se conoce la posición del emisor pero no se localiza visualmente. Su sencillez de diseño y configuración proporciona un bajo coste de fabricación, así como bajo impacto visual y facilidad de apuntamiento al emisor,
- los sistemas pasivos de observación en los que mantener las características del diagrama de radiación en la banda de funcionamiento, como la forma del diagrama, la zona de cobertura y la polarización de la señal, son los requisitos más importantes y restrictivos del sistema.
- los sistemas de comunicaciones entre móviles vía satélite, en los que la señal está polarizada circularmente, evitando así el desconocimiento de la posición o actitud del satélite respecto al móvil, y tener que girar la antena del móvil para hacerla coincidir con la del satélite, como sería el caso de que la comunicación se realizase utilizando una señal linealmente polarizada.

#### **Aumento de directividad incorporando un plano de masa**

La directividad de la antena margarita que genera un máximo de radiación en la dirección perpendicular al plano de la antena, tanto en polarización lineal como en circular, puede aumentarse en un máximo de 3 dB, colocando un plano masa paralelo al plano de la antena, a una distancia igual a un cuarto de la longitud de onda de la frecuencia de funcionamiento de la antena, consiguiendo así sumar en fase, en la dirección deseada, la señal reflejada en el plano de masa.

#### **Aplicación de este concepto a otros elementos radiantes distintos de hilos**

Dado que la característica esencial de la antena margarita está en la distribución del sentido de circulación de la corriente por los pétalos, y ésta solo tiene dos posibilidades: ir o venir, lo que significa que en los pétalos se produce,



además de un cambio de posición del pétalo respecto al conjunto de la antena margarita, un cambio binario de fase de la señal radiada por cada pétalo, es decir: de  $0^\circ$  o de  $180^\circ$ , en función de cómo sea el sentido de la corriente que circula por él.

Esto permite que el concepto definido para hilos radiantes, pueda aplicarse también a otros tipos de elementos radiantes que admitan por construcción un cambio binario de la fase radiada de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Sería por ejemplo el caso de los radiadores microstrip o de las guías de onda abiertas o terminadas en bocinas, en las que cambiando únicamente la posición de la alimentación se consigue ese cambio de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  en la fase de la señal radiada por cada elemento, y manteniendo la dirección de la polarización lineal que generan.

La antena tendría una configuración que aumenta en complejidad en función del volumen del elemento radiante considerado, pero en esencia tendría un funcionamiento electromagnético similar al de la antena margarita definida previamente y basada en el uso de hilos. La figura 27 muestra el boceto de una antena margarita de 6 pétalos con un máximo de radiación en la dirección perpendicular al plano de la antena (prestaciones similares a las descritas en el ejemplo 1), en donde los pétalos son pequeñas bocinas en guía rectangular.

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA INVENCION.

### EJEMPLO 1 - Antena margarita para obtener un máximo de radiación en polarización lineal, en la dirección perpendicular al plano de la antena

La figura 28 muestra la geometría de las capas superior e inferior que conforman el circuito de distribución e indica la distribución de corrientes, de una antena margarita de 4 pétalos que genera un máximo en polarización lineal en la dirección perpendicular al plano de la antena. La base del circuito de distribución es un cuadrado metálico de 30 mm de lado. La distancia entre capas es de 5 mm, por lo que separación entre las capas superior e inferior es de 10 mm.

La figura 29 muestra la geometría de la capa central que contiene los 4 pétalos que son generados por métodos de fotograbado sobre un sustrato dieléctrico de baja permitividad efectiva. El ancho de la cinta metálica es de 10 mm, y la longitud del pétalo es de 432 mm.

Las figuras 30 y 31 muestran las dos componentes lineales de campo eléctrico  $E_\theta$  y  $E_\phi$ , así como el valor de ganancia, en los planos E y H respectivamente, del diagrama de radiación de la antena de cuatro pétalos de las figuras 28 y 29, a la frecuencia de 800 MHz.

### EJEMPLO 2 - Antena margarita para obtener un máximo de radiación en polarización circular, en la dirección perpendicular al plano de la antena

La figura 21 muestra la geometría de las capas superior e inferior que conforman el circuito de distribución e indica la distribución de corrientes, de una antena margarita de 4 pétalos, que genera un máximo en polarización circular en la dirección perpendicular al plano de la antena. La base del circuito de distribución es un cuadrado metálico de 40 mm de lado, y las líneas de alimentación tienen un ancho de 20 mm. La diferencia de longitud entre las líneas que alimentan los dipolos es de 50 mm. La distancia entre capas es de 5 mm, por lo que separación entre las capas superior e inferior es de 10 mm.

La figura 22 muestra la geometría de la capa central que contiene los 4 pétalos, que en este caso son dipolos eléctricos de 220 mm de longitud. El ancho de la cinta metálica es de 10 mm, y la longitud del pétalo es de 432 mm. Todas las capas son generadas por métodos de fotograbado sobre sustrato dieléctrico de baja permitividad efectiva. La figura 23 muestra las 3 capas superpuestas para dar una idea del conjunto.

Las figuras 32, 33, 34 y 35 muestran las dos componentes ortogonales en polarización circular a derechas e izquierdas del campo eléctrico RHCP y LHCP, así como el valor de ganancia, en los cortes meridianos para  $\Phi = 0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ , y  $90^\circ$  respectivamente, del diagrama de radiación de la antena de cuatro pétalos de la figura 23 a la frecuencia de 730 MHz. La figura 36 muestra la razón axial en dB en función de la frecuencia expresada en GHz.

## DESCRIPCIÓN DE INDICADORES EN LAS FIGURAS

(1) – alimentación de la antena

(2) – pétalos de la antena

(2 A) – pétalos que generan la polarización lineal horizontal

(2 B) – pétalos que generan la polarización lineal vertical

(3) – circuito de distribución

(4) – líneas de alimentación del divisor a los pétalos

(5) – vías de cortocircuito entre capas

(6) – recta de simetría de la distribución de corrientes en los pétalos

(6 A) – recta de simetría de los pétalos que generan la polarización lineal horizontal

(6 B) – recta de simetría de los pétalos que generan la polarización lineal vertical

- (7) – manantiales de líneas de corriente  
(8) – sumideros de líneas de corriente

# DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- Figura 1 muestra una antena margarita de 6 pétalos.  
Figura 2 muestra antenas margarita de 4 y 2 pétalos  
Figura 3 muestra un corte transversal de una antena margarita  
Figura 4 muestra una antena margarita de 6 pétalos con líneas de alimentación en el circuito de distribución  
Figura 5 muestra antenas margarita de 2 pétalos, con distinta geometría de pétalos: pétalos poligonales, folded  
dipolos y dipolos eléctricos  
Figura 6 muestra una antena margarita de 6 dipolos eléctricos  
Figura 7 muestra óvalos de Cassini para  $k = 1, 1.1$  y  $1.4$   
  
Figura 8 muestra una agrupación de 6 pétalos originado con 3 parejas de óvalos de Cassini con  $k = 1.1$ , en  $\Phi = 0^\circ$ ,  
 $60^\circ$  y  $120^\circ$   
Figura 9 muestra una curva geométrica derivada de las expresiones [2]  
Figura 10 muestra una composición geométrica de la una margarita de 6 pétalos a partir de las expresiones [2]  
Figura 11 muestra una curva geométrica derivada de las expresiones [3]  
Figura 12 muestra una aproximación geométrica a la curva de la figura 7, por una circunferencia y dos rectas  
definidas en [4]  
Figura 13 muestra metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena margarita de 6 pétalos de la figura 1.  
Figura 14 la metalización de la capa central de pétalos, indicando la distribución de líneas de corriente, de la antena  
margarita mostrada en la figura 1  
Figura 15 muestra metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena margarita de 6 pétalos de la figura 4.  
Figura 16 muestra la metalización de la capa central de pétalos, indicando la distribución de líneas de corriente, de la  
antena margarita mostrada en la figura 4.  
Figura 17 muestra metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena margarita de 6 pétalos de la figura 6.  
Figura 18 muestra la metalización de la capa central de pétalos, indicando la distribución de líneas de corriente, de la  
antena margarita mostrada en la figura 6.  
Figura 19 muestra metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena margarita de 2 pétalos de la figura 5  
(dipolos eléctricos).  
Figura 20 muestra la metalización de la capa central de pétalos, indicando la distribución de líneas de corriente, de la  
antena margarita mostrada en la figura 5 (dipolos eléctricos).  
Figura 21 muestra metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena margarita de 4 pétalos que genera  
polarización circular.  
Figura 22 muestra la metalización de la capa central de pétalos, indicando la distribución de líneas de corriente, de la  
antena margarita de 4 pétalos que genera polarización circular.  
Figura 23 muestra una antena margarita de 4 pétalos que genera polarización circular.  
Figura 24 muestra metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena margarita de 12 pétalos que genera  
polarización circular.  
Figura 25 muestra una metalización de la capa central de pétalos, indicando la distribución de líneas de corriente, de  
la antena margarita de 12 pétalos que genera polarización circular.  
Figura 26 muestra una antena margarita de 12 pétalos que genera polarización circular.  
Figura 27 muestra una antena margarita de 6 pétalos con un máximo de radiación en la dirección perpendicular al  
plano de la antena, y donde los pétalos son bocinas en guía rectangular.  
Figura 28 muestra metalizaciones de las capas superior e inferior de la antena margarita de 4 pétalos del ejemplo 1,  
para polarización lineal en la dirección perpendicular al plano de la antena.  
Figura 29 metalización de la capa central de pétalos, indicando la distribución de líneas de corriente, de la antena  
margarita de 4 pétalos del ejemplo 1, para polarización lineal en la dirección perpendicular al plano de la antena.  
Figura 30 muestra un corte plano E del diagrama de radiación, a la frecuencia de 800 MHz, de la antena de 4  
pétalos de las figuras 28 y 29. Los valores de ganancia están expresados en dBi (curva de rombos), y en dB los de  
las dos componentes del campo eléctrico radiado:  $E_\theta$  (curva de triángulos) y  $E_\Phi$  (curva de cuadrados).  
Figura 31 muestra un corte plano H del diagrama de radiación, a la frecuencia de 800 MHz, de la antena de 4  
pétalos de las figuras 28 y 29. Los valores de ganancia están expresados en dBi (curva de rombos), y en dB los de  
las dos componentes del campo eléctrico radiado:  $E_\theta$  (curva de triángulos) y  $E_\Phi$  (curva de cuadrados).  
Figura 32 muestra un corte meridiano del diagrama de radiación en  $\Phi = 0^\circ$ , de la antena margarita de 4 pétalos de  
las figuras 21, 22 y 23. Los valores de ganancia están expresados en dBi (curva de rombos), y en dB los de las dos  
componentes ortogonales en polarización circular a derechas e izquierdas del campo eléctrico RHCP (curva de  
cuadrados) y LHCP (curva de triángulos).  
Figura 33 muestra un corte meridiano del diagrama de radiación en  $\Phi = 30^\circ$ , de la antena margarita de 4 pétalos de  
las figuras 21, 22 y 23. Los valores de ganancia están expresados en dBi (curva de rombos), y en dB los de las dos  
componentes ortogonales en polarización circular a derechas e izquierdas del campo eléctrico RHCP (curva de  
cuadrados) y LHCP (curva de triángulos).  
Figura 34 un corte meridiano del diagrama de radiación en  $\Phi = 60^\circ$ , de la antena margarita de 4 pétalos de las  
figuras 21, 22 y 23. Los valores de ganancia están expresados en dBi (curva de rombos), y en dB los de las dos

componentes ortogonales en polarización circular a derechas e izquierdas del campo eléctrico RHCP (curva de cuadrados) y LHCP (curva de triángulos).

5      Figura 35 un corte meridiano del diagrama de radiación en  $\Phi = 90^\circ$ , de la antena margarita de 4 pétalos de las figuras 21, 22 y 23. Los valores de ganancia están expresados en dBi (curva de rombos), y en dB los de las dos componentes ortogonales en polarización circular a derechas e izquierdas del campo eléctrico RHCP (curva de cuadrados) y LHCP (curva de triángulos).

Figura 36 muestra una representación gráfica de la razón axial en dB, respecto a la frecuencia expresada en GHz, de la antena margarita de 4 pétalos de las figuras 21, 22 y 23.

# REIVINDICACIONES

1. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas linealmente polarizadas, **caracterizada** por ser el agrupamiento circular de un número par de hilos radiantes, cuyo conjunto adopta una forma parecida a la distribución de pétalos en una flor margarita, y en la que los hilos radiantes o **pétalos** trabajan en resonancia, tienen la misma estructura, están contenidos en mismo plano llamado **plano de la antena**, y la corriente que circula por los pétalos se dispone de forma simétrica respecto a un diámetro predefinido del agrupamiento circular, que coincide con la dirección de polarización lineal del campo eléctrico radiado. Esta distribución de las corrientes determina y caracteriza el funcionamiento de la antena margarita.
2. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas linealmente polarizadas, según la reivindicación 1, **caracterizada** porque se compone de los siguientes elementos, distribuidos en 3 capas (ver figura 3): una línea de alimentación (1) situada en el centro y conectada a las capas superior e inferior de la antena, los hilos o elementos radiantes también llamados pétalos (2) situados en la capa central de la antena, y el circuito de distribución (3) en las capas superior e inferior, y que a su vez está formado por la adaptación de la antena o balun, el divisor para distribuir la señal entre los pétalos.
3. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas linealmente polarizadas, según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada** por la presencia de líneas bi-filares para llevar la señal desde el divisor a los pétalos, o viceversa en el caso de recepción, presencia que es necesaria cuando por motivo del tamaño de los pétalos o por requisitos del diseño, los pétalos se sitúan lejos del divisor. Estas líneas bi-filares son iguales en número al de pétalos, y deben ser todas exactamente iguales para que no introduzcan diferencia alguna en amplitud o fase en las señales que transmiten.
4. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas linealmente polarizadas, según las reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizada** por emitir o captar señales en la dirección perpendicular al plano de la antena.
5. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas linealmente polarizadas, según las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4, **caracterizada** por presentar en el diagrama de radiación un máximo de potencia en la dirección perpendicular al plano de la antena.
6. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas linealmente polarizadas, según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, y 5, **caracterizada** porque puede usarse para generar polarización circular intercalando dos antenas margarita en un mismo plano, cuyos pétalos coinciden en forma y número, giradas entre si, con el mismo centro, y compartiendo el mismo circuito de distribución, y con la única diferencia entre ambas antenas margarita de que las líneas bi-filares mencionadas en la reivindicación 3, tienen diferente longitud en cada antena con el objeto de proporcionar la diferencia de fase necesaria para compensar el giro entre antenas, y generar así la polarización circular buscada.
7. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6, **caracterizada** por emitir o captar radiación electromagnética en el rango de las microondas y la banda milimétrica del espectro electromagnético.
8. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, **caracterizada** porque con el fin de realizar el diseño de los pétalos se dispone de expresiones matemáticas analíticas de su geometría, que permiten determinarlos explícitamente a partir de los parámetros de diseño: su longitud perimetral y su ángulo de apertura teniendo como vértice el centro de la antena. Se facilita así la utilización de medios informáticos para otros y diferentes propósitos, tales como el análisis del comportamiento electromagnético de la antena, la elaboración de planos de fabricación, o su uso en procesos de fabricación y montaje.
9. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, **caracterizada** porque los pétalos se diseñan utilizando las expresiones:

$$X(t, m, L) := \frac{-3}{16} \cdot \left| t^2 - 1 \right| \cdot \left[ t^2 \cdot \left| 10m - 5\sqrt{m^2 + 1} \right| + 2 \cdot m - 3\sqrt{m^2 + 1} \right] \cdot L$$

$$Y(t, m, L) := \frac{-3}{8} \cdot \left| t^2 - 1 \right| \cdot \left[ t^2 \cdot \left| m\sqrt{m^2 + 1} + m^2 - 1 \right| + 5 \cdot m^2 + 1 - 5 \cdot m\sqrt{m^2 + 1} \right] \cdot L$$

siendo:      L      la longitud del perímetro del pétalo  
                   α      el doble del ángulo de apertura del pétalo  
                   m      la tangente de α  
                   t      un número perteneciente al intervalo (-1, 1)

10. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, **caracterizada** porque los pétalos se diseñan utilizando las expresiones para el caso en que el ángulo de apertura del pétalo es  $\pi/3$ :

$$X(t, L, \theta, D) := \left[ \left[ \frac{-\sqrt{3}}{4} \cdot L \cdot |t^2 - 1| + D \right] \cdot \cos(\theta) \right] - \left[ \frac{-1}{4} \cdot L \cdot t \cdot |t^2 - 1| \cdot \sin(\theta) \right]$$

$$Y(t, L, \theta, D) := \left[ \left[ \frac{-\sqrt{3}}{4} \cdot L \cdot |t^2 - 1| + D \right] \cdot \sin(\theta) \right] + \left[ \frac{-1}{4} \cdot L \cdot t \cdot |t^2 - 1| \cdot \cos(\theta) \right]$$

siendo:

L la longitud del perímetro del pétalo  
D la distancia del vértice del pétalo al eje de coordenadas  
t un número perteneciente al intervalo (-1, 1)  
 $\theta$  el ángulo que forma el eje de simetría de cada pétalo con el eje de abscisas.

11. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, **caracterizada** porque los pétalos se diseñan utilizando una circunferencia y las dos rectas tangentes trazadas desde el vértice del pétalo, siendo:

el radio de la circunferencia de valor:  $\frac{-13 \cdot L}{\sqrt{15552}}$

el centro está situado en el punto de abscisa:  $\frac{41 \cdot \sqrt{3}}{216} \cdot L$

y las rectas tangentes tienen una pendiente de valor:  $\pm \frac{13 \cdot \sqrt{42}}{252}$

12. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, **caracterizada** porque los pétalos se fabrican por métodos de fotograbado, serigrafiado o procesos electroquímicos sobre sustrato dieléctrico, o por cualquier otro método que surja en los mercados por el desarrollo o progreso normal de la tecnología.

13. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12, **caracterizada** porque la directividad de la antena margarita diseñada para obtener un máximo de radiación en la dirección perpendicular al plano de la antena, tanto en polarización lineal como en circular, puede aumentarse en un máximo de 3 dB, colocando un plano de masa paralelo al plano de la antena, a una distancia igual a un cuarto de la longitud de onda de la frecuencia de funcionamiento de la antena, consiguiendo así sumar en fase, en la dirección deseada, la señal de la antena con la reflejada por el plano de masa.

14. Antena margarita para emisión y/o recepción de ondas electromagnéticas lineal o circularmente polarizadas según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, **caracterizada** por su empleo en sistemas de recepción de televisión terrestre, sistemas de comunicaciones entre sistemas fijos o móviles, con enlace a través de estaciones terrestres o vía satélite, en sistemas de observación y de seguridad, así como también en sistemas dedicados a la investigación científica y técnica.

Figura 1

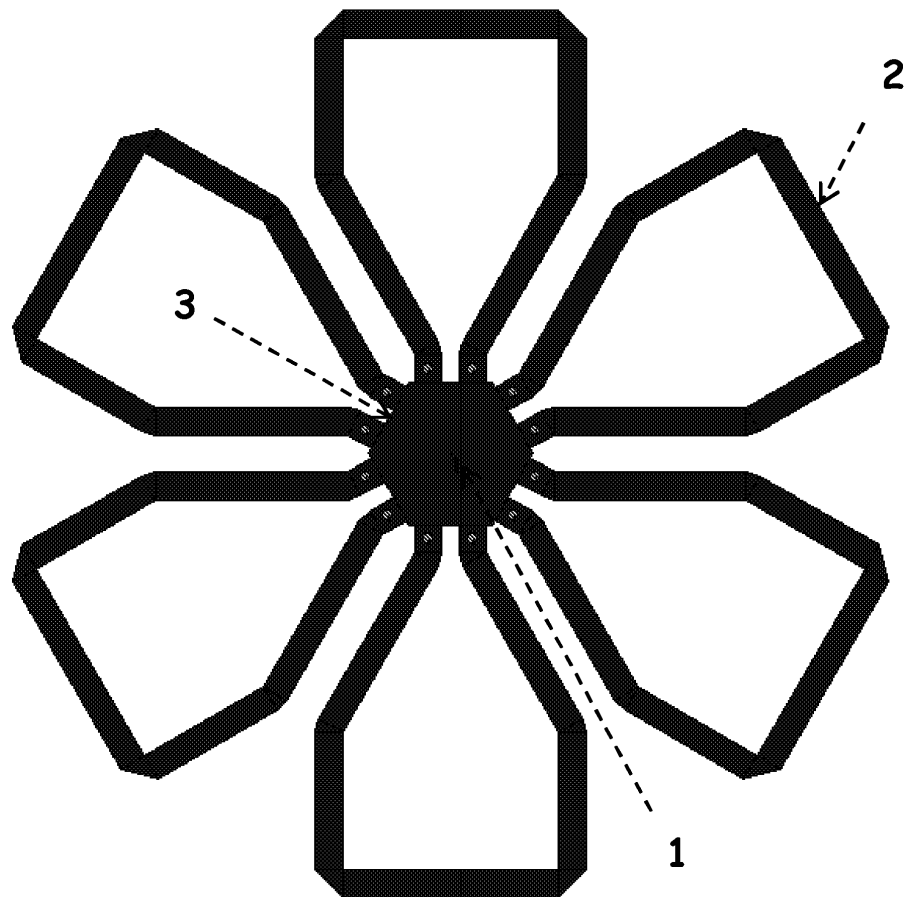


Figura 2

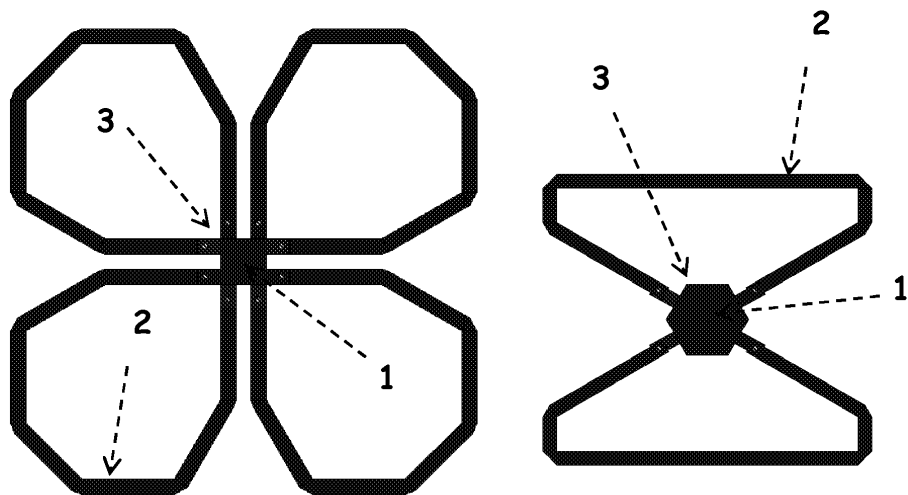


Figura 3

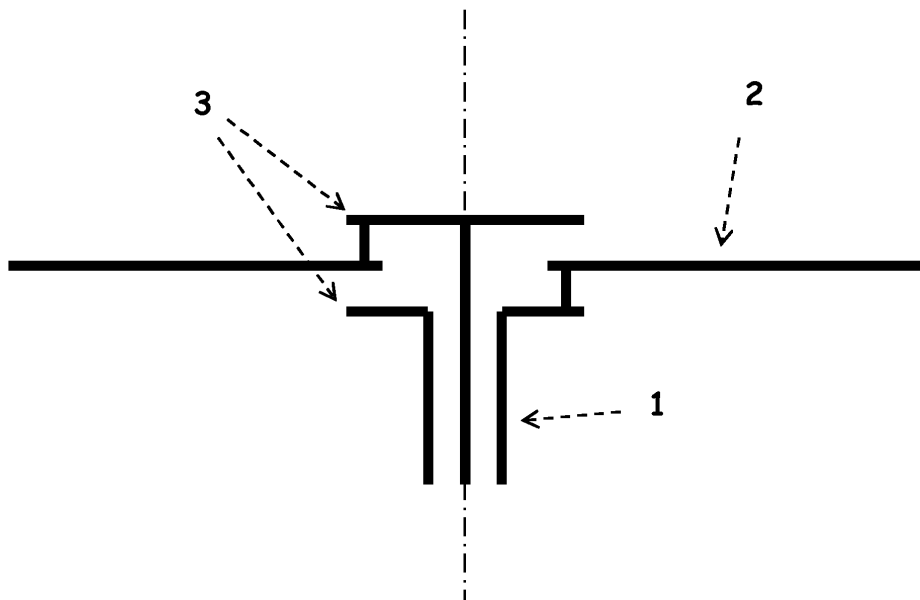


Figura 4

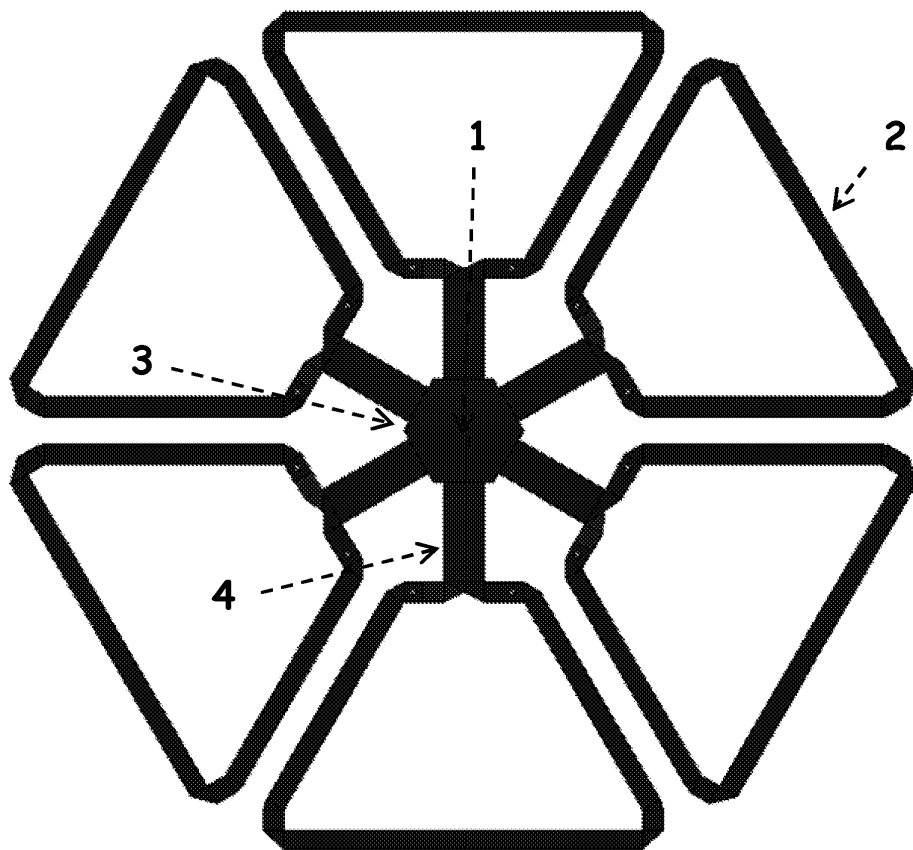




Figura 5

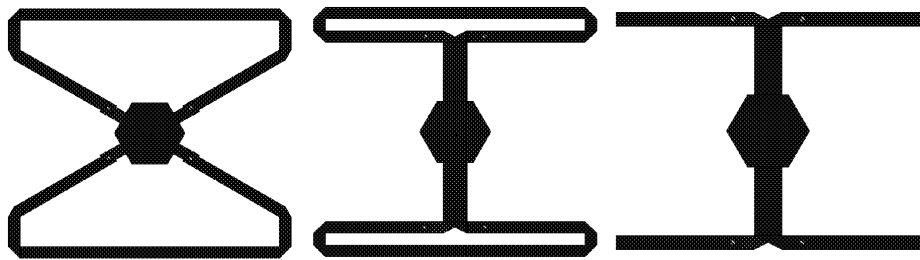


Figura 6

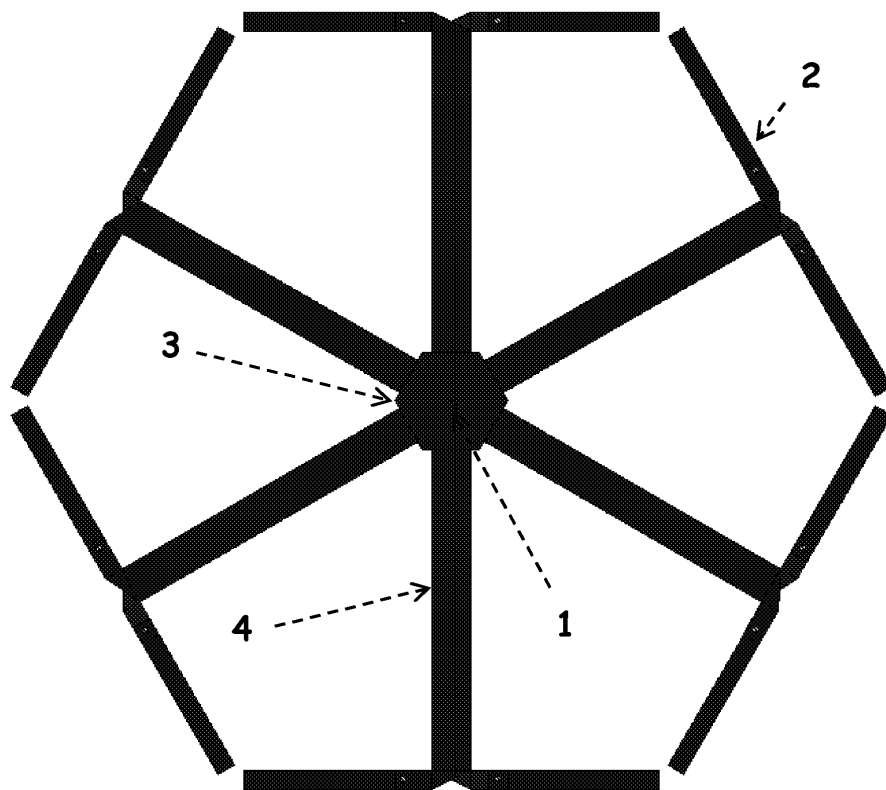


Figura 7

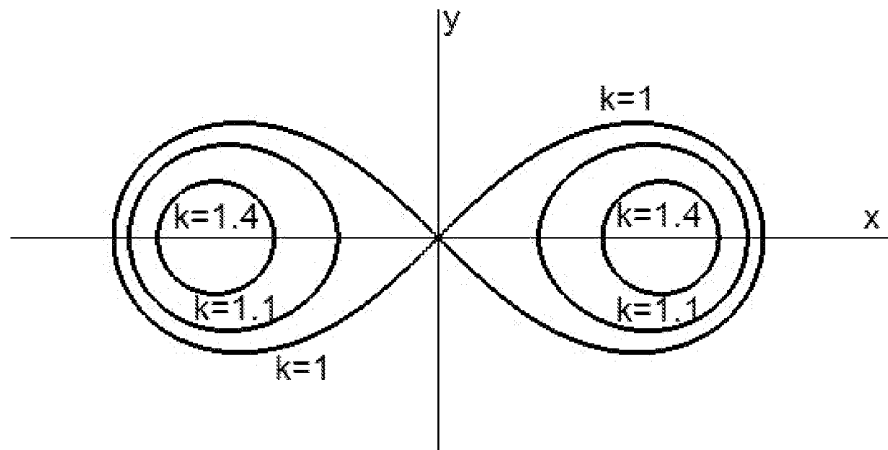


Figura 8

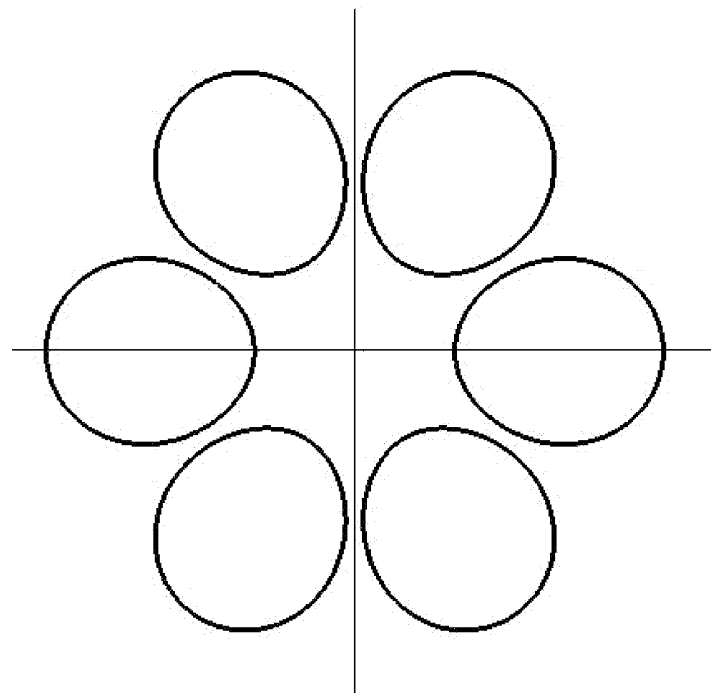


Figura 9

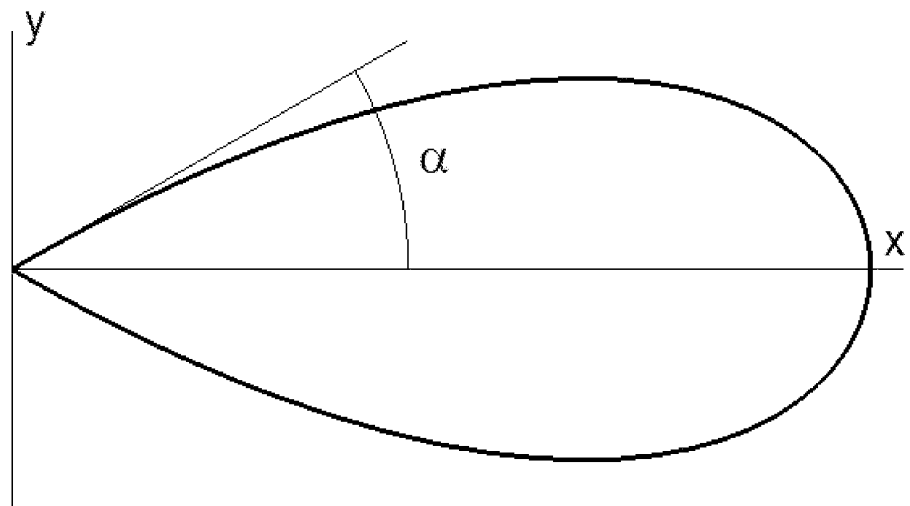


Figura 10

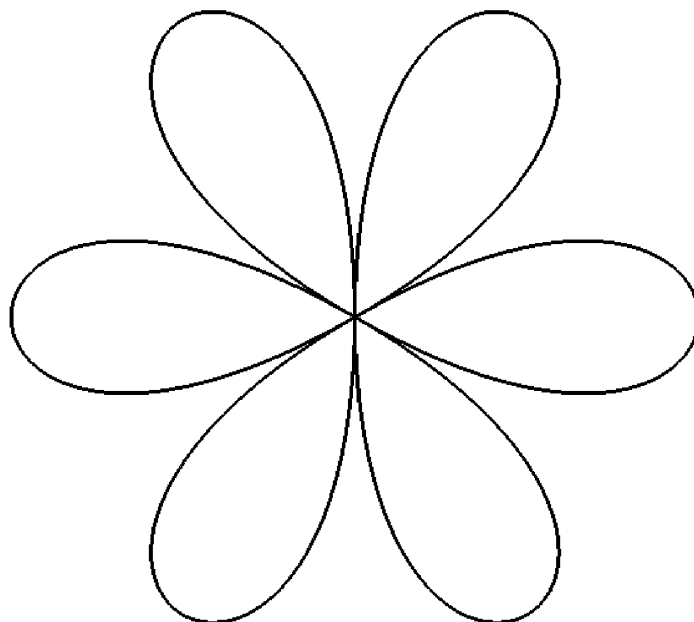


Figura 11

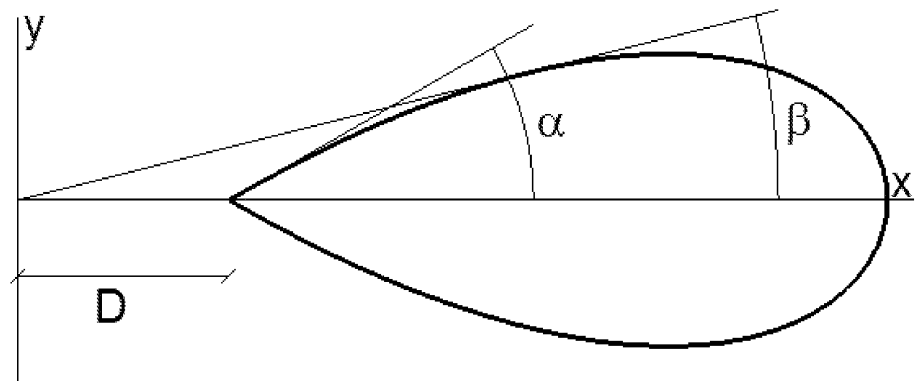


Figura 12

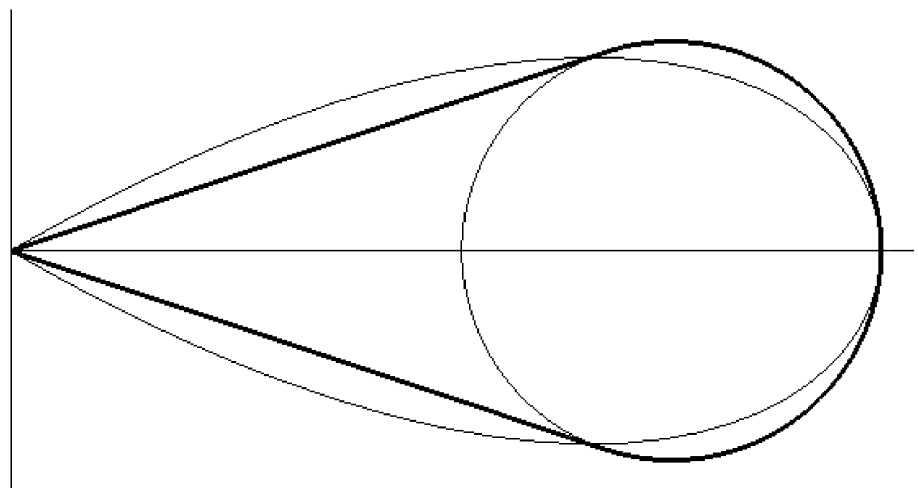


Figura 13

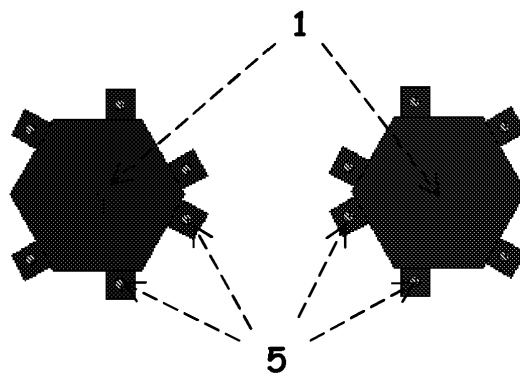


Figura 14

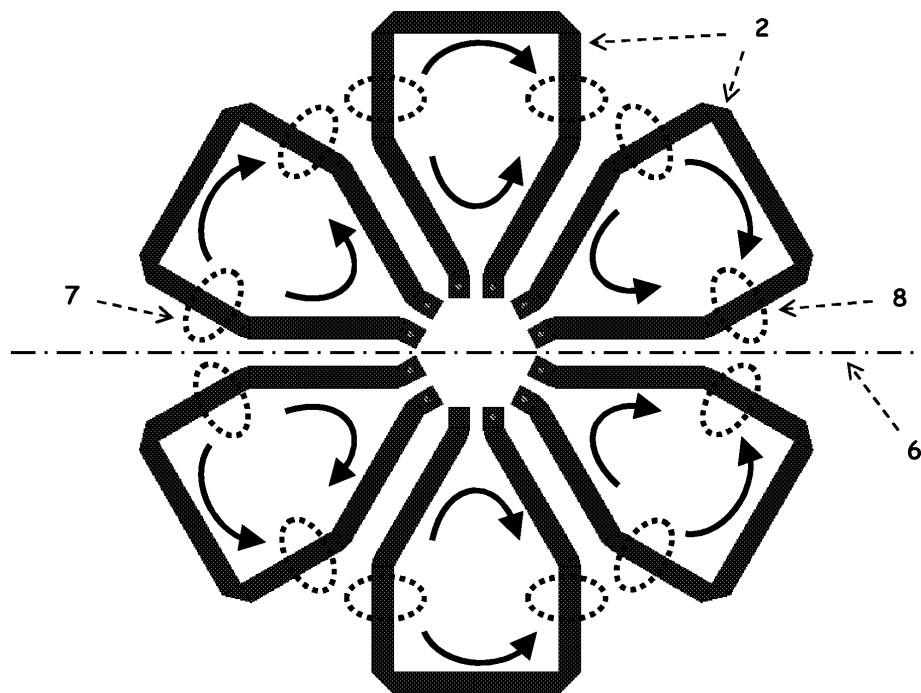


Figura 15

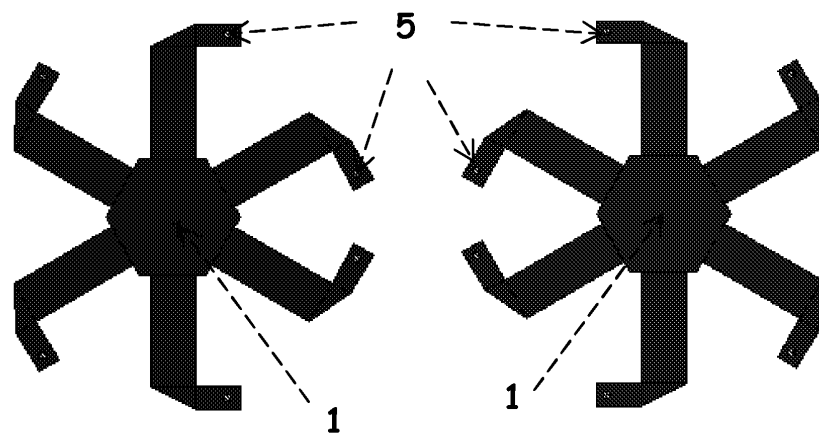


Figura 16

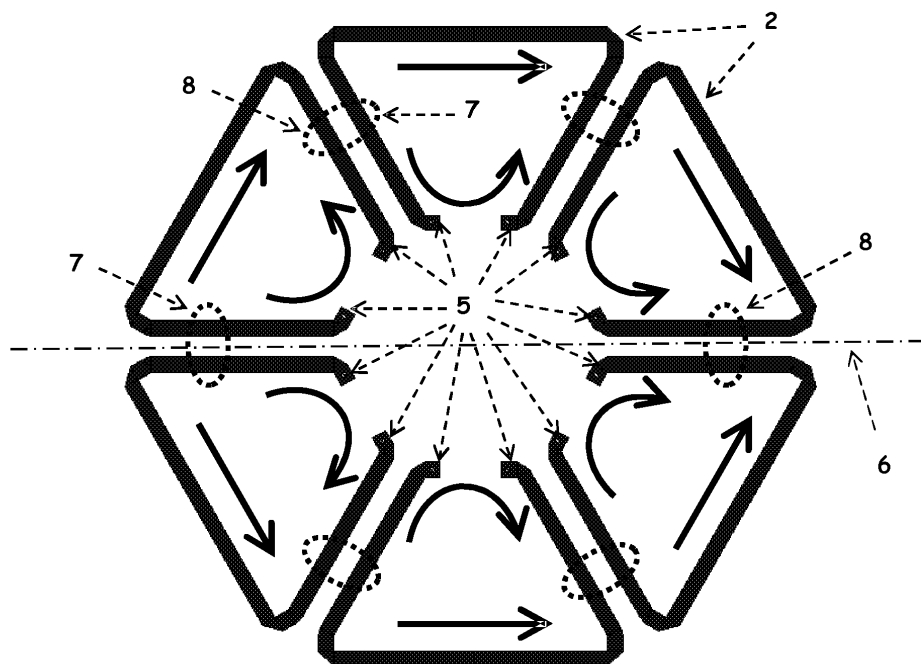


Figura 17

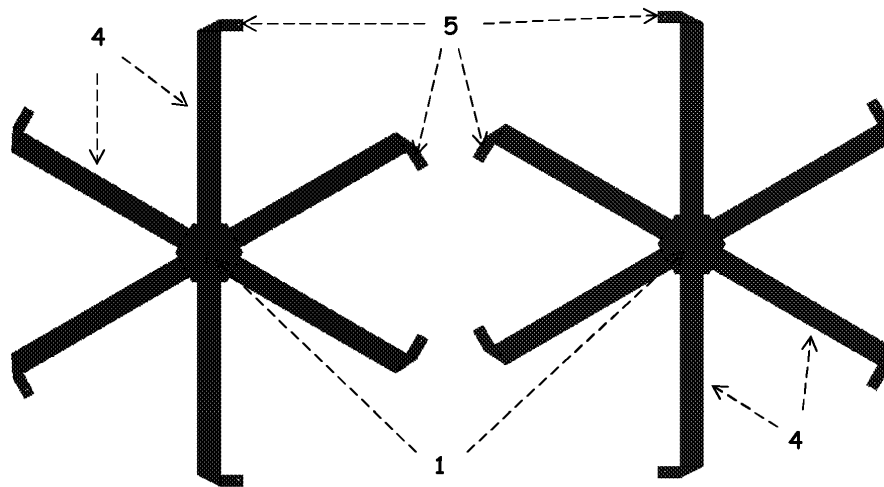


Figura 18

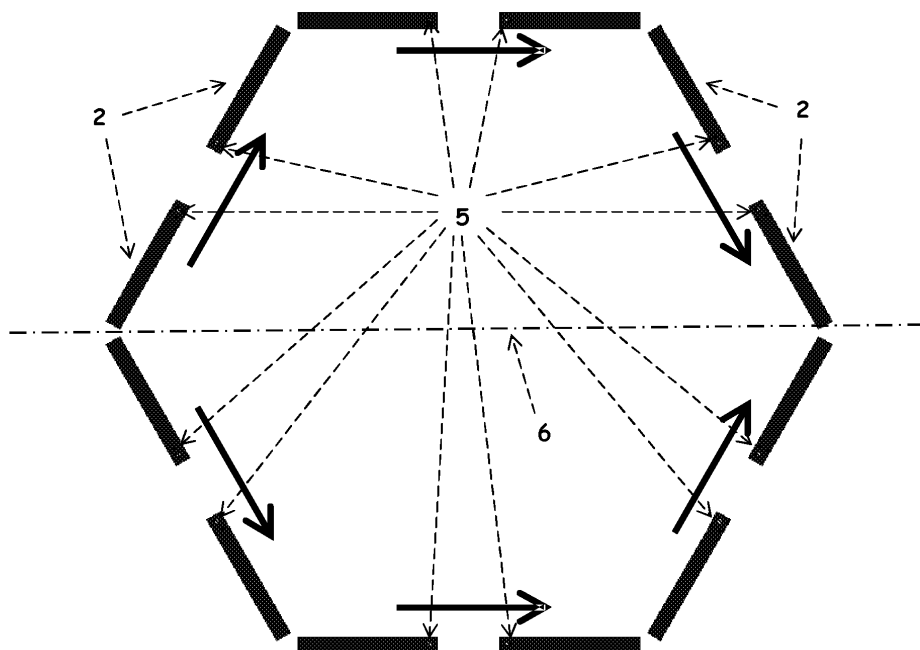


Figura 19

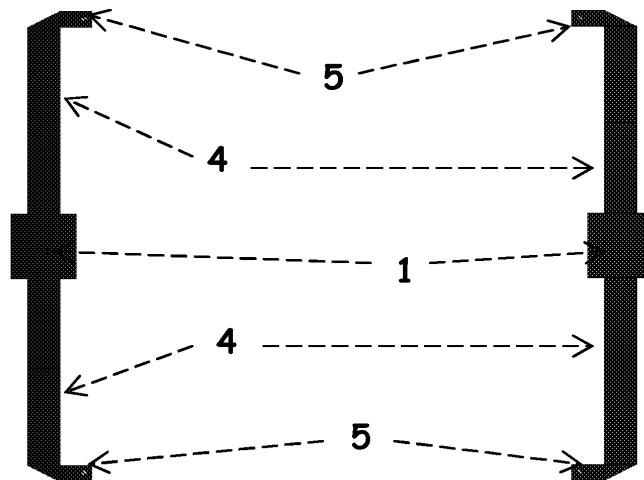


Figura 20

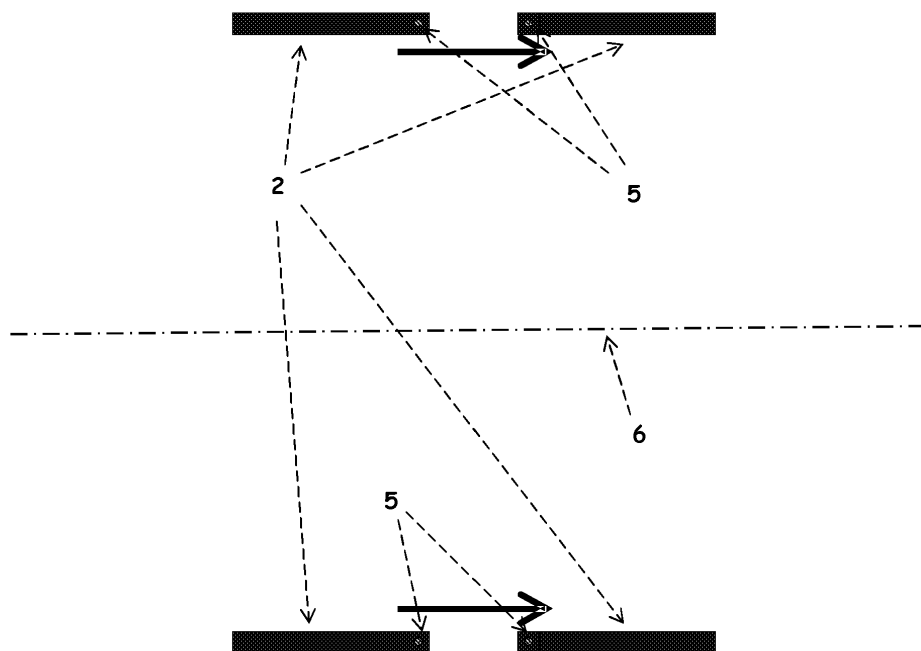




Figura 21

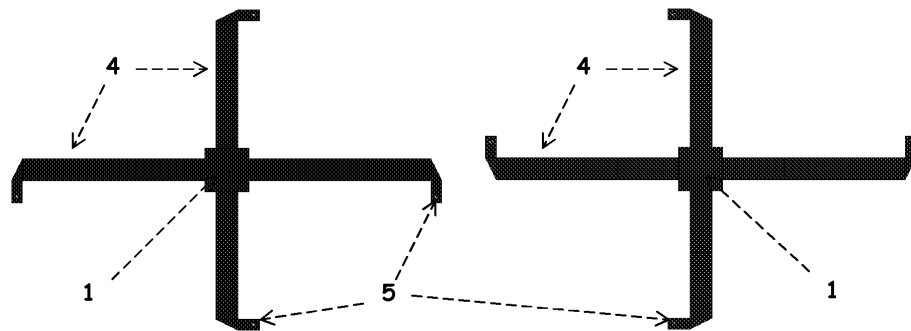


Figura 22

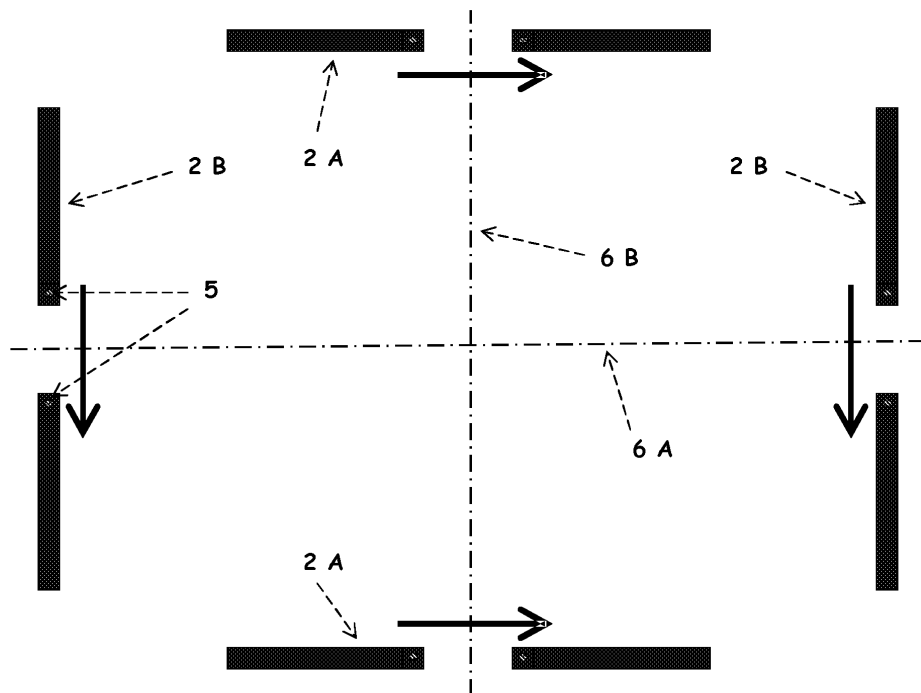


Figura 23

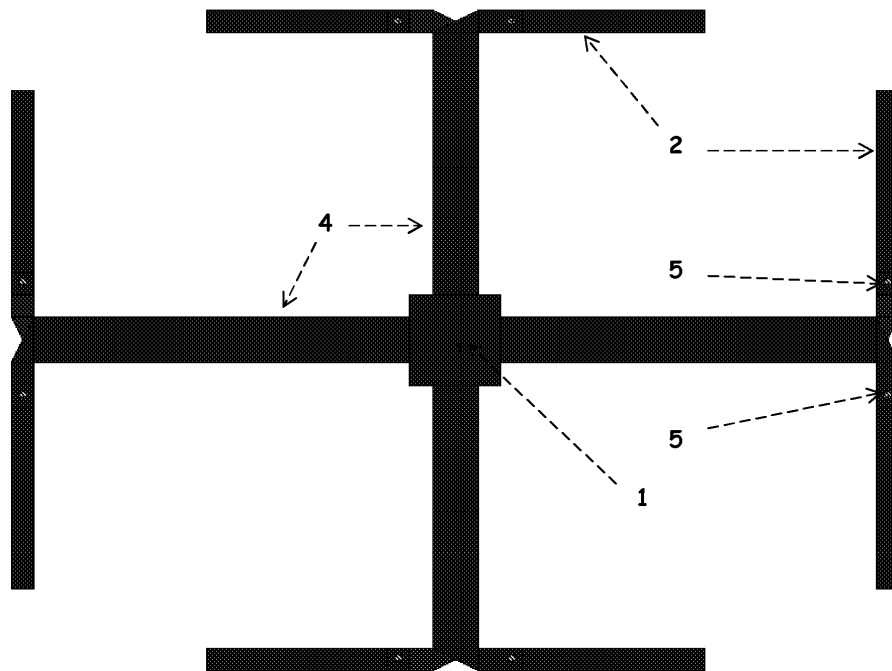


Figura 24

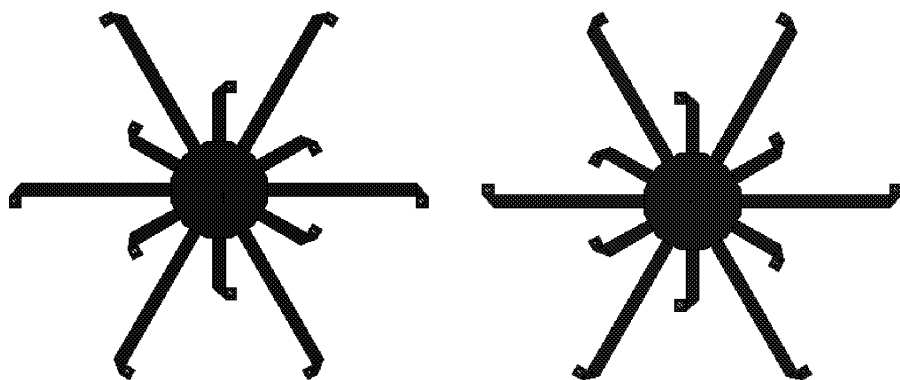


Figura 25

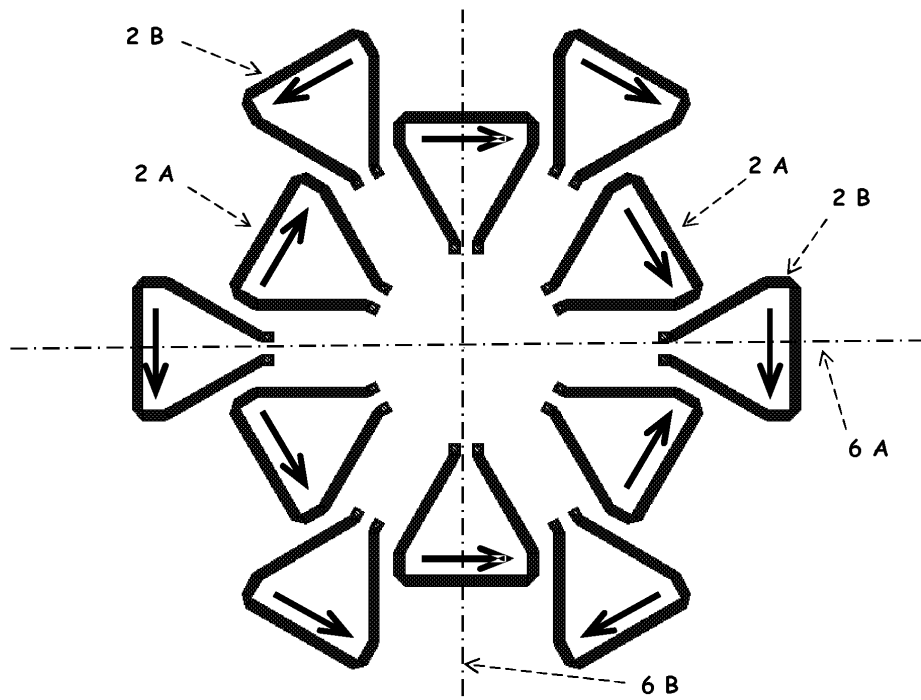


Figura 26

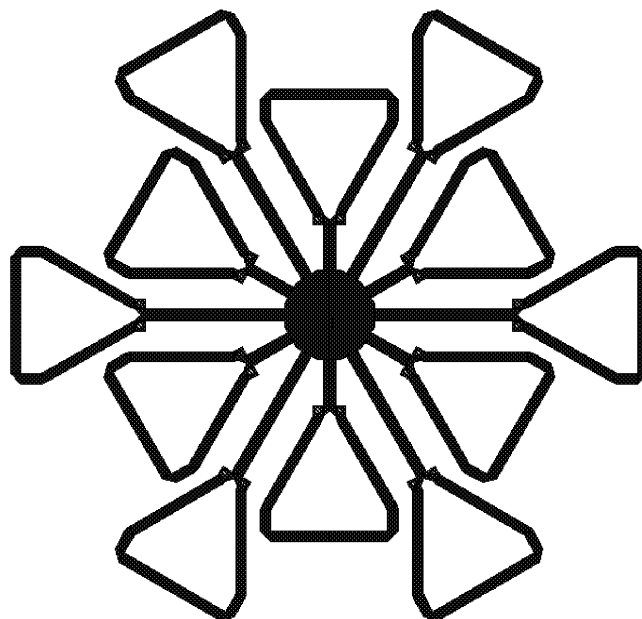


Figura 27

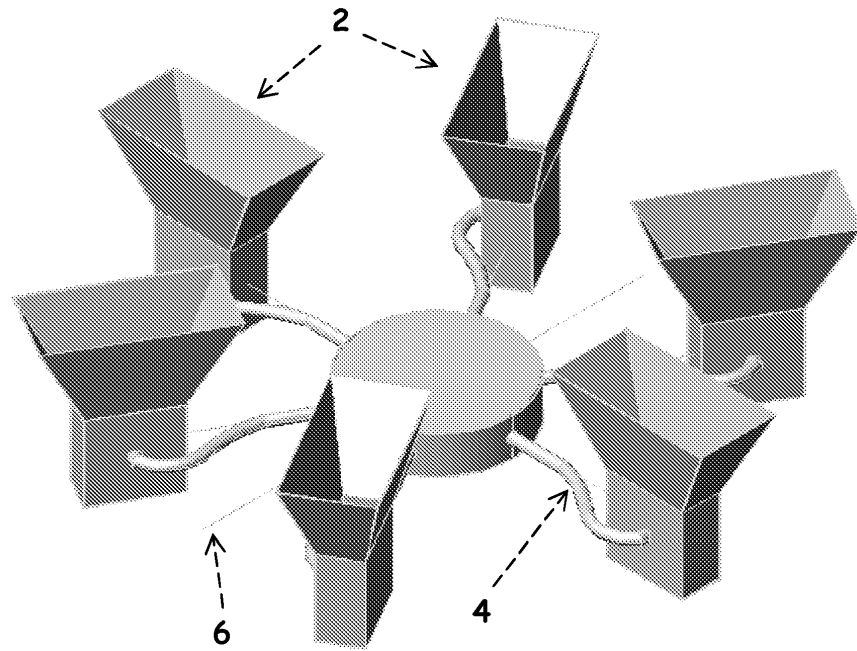


Figura 28

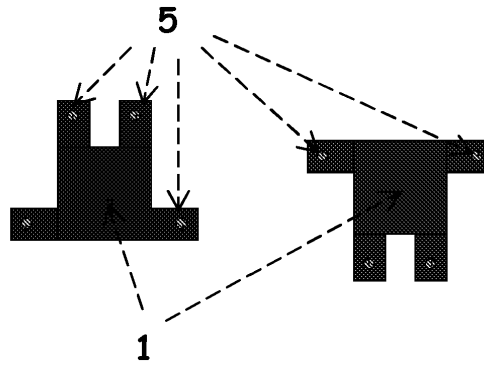


Figura 29

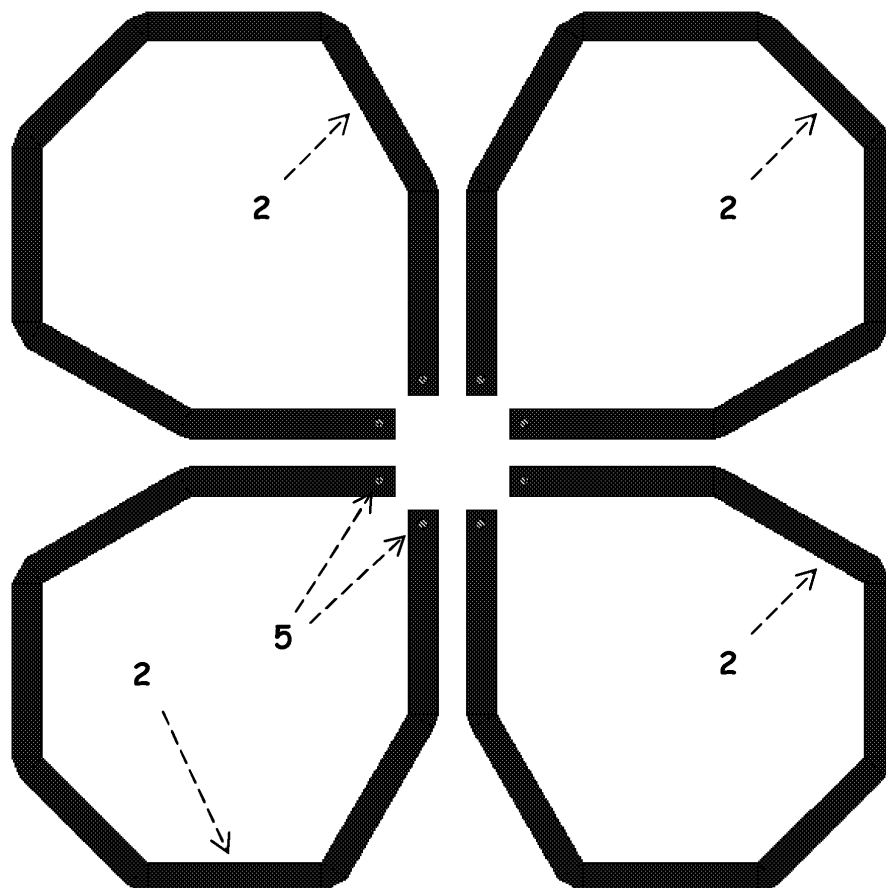


Figura 30

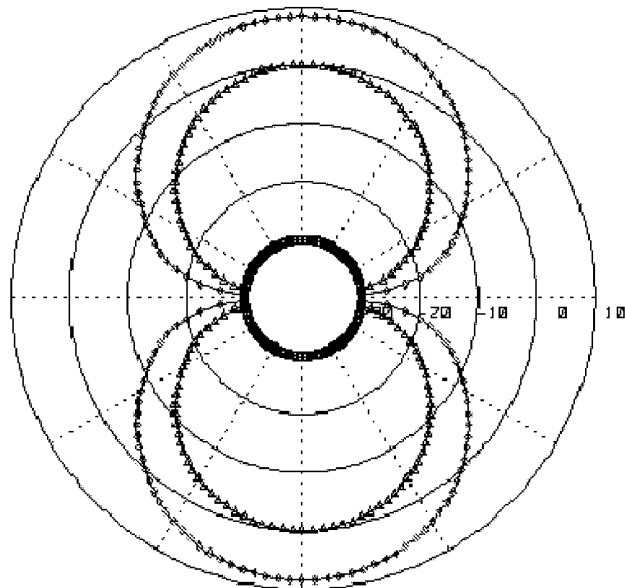


Figura 31

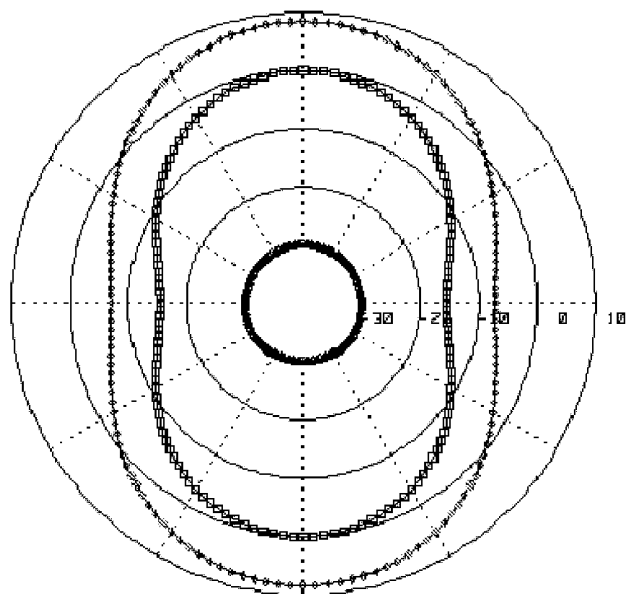


Figura 32

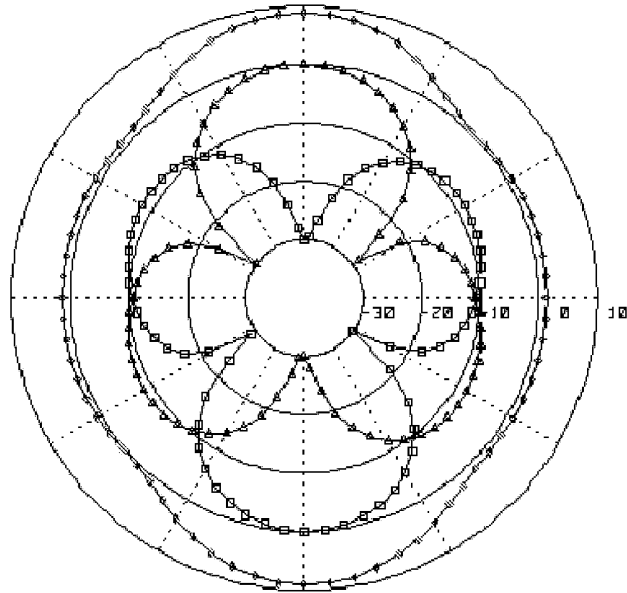


Figura 33

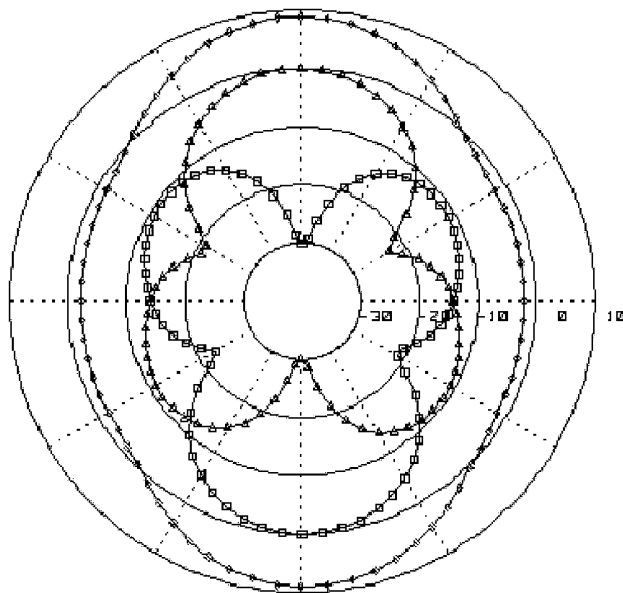


Figura 34

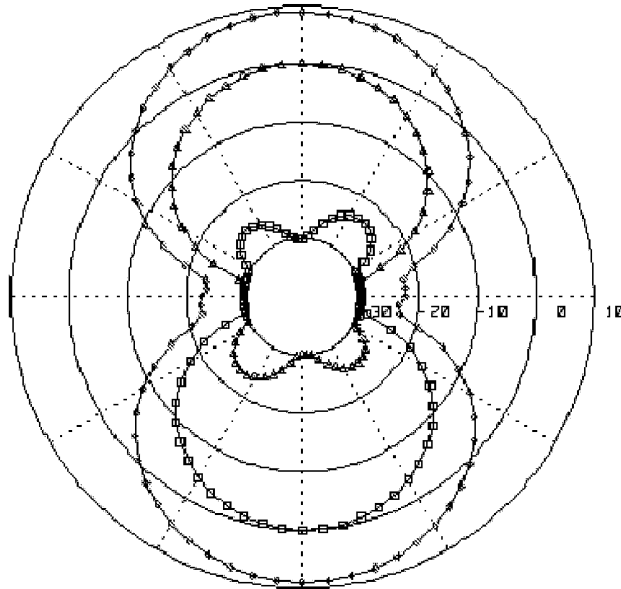


Figura 35

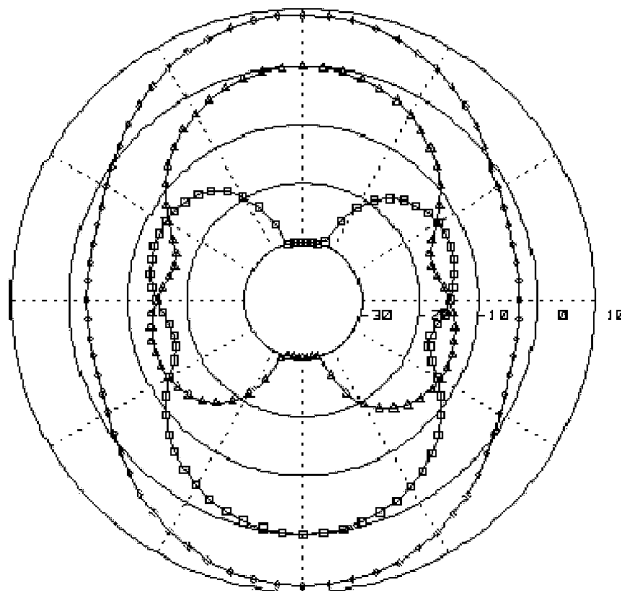




Figura 36

